

KIMMO KLEMOLA

# Energiapuun ympäristövaikutukset

## suomalaisen Fischer–Tropsch-bio- diesellaitoksen kannalta

---



Teknillisen kemian laboratorio  
Kemiantekniikan laitos  
Lappeenrannan teknillinen yliopisto  
2011 (rev. 13.06.2011)

## **Alkusanat**

Raportissa käsitellään energiapuun käytön ympäristövaikutuksia Suomessa. Moninaisia ympäristövaikutuksia on mm. kantojen ja oksien korjuulla ja ojitettujen suometsien energiapuun käytöllä. Nämä seikat on hyvä ottaa huomioon arvioitaessa puuperäisen bioenergian lisäysmahdollisuuksia.

Energiapuun käytön ympäristövaikutuksiin voi perehtyä laajemmassa tutkimuksessa: Kuusinen Martti, Ilvesniemi Hannu (toim.), Energiapuun korjuun ympäristövaikutukset, tutkimusraportti, Tapion ja Metlan julkaisuja, 2008.

(Kannen kuva: Kimmo Klemola, otettu Lappeenrannassa 2007)

## SISÄLLYS

|                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| Johdanto.....                     | 2 |
| Biopolttoaineiden kriteerit ..... | 2 |
| Ympäristövaikutukset .....        | 5 |
| Ojitetut suometsät .....          | 5 |
| Hakkuutähteet ja kannot.....      | 6 |
| Loppukaneetti.....                | 8 |
| Viitteet.....                     | 9 |

## **Johdanto**

Fossiilienergian käyttöä pyritään nykyään korvaamaan bioenergialla ympäristön-suojelun nimissä. On kuitenkin hyvä muistaa, että 1850-luvulla raakaöljyn ensimmäinen käyttökohde oli bioöljyn eli valaanrasvan korvaaminen lamppuöljyn raaka-aineena. Kivihiili puolestaan pelasti Euroopasta Keski-Aasiaan laajat metsäalueet vieläkin laajemmalta tuholta, jonka oli aiheuttanut metallisulattojen käyttämän puuhiilen valmistus.

Puun laajamittaisen teollisen käytön vaikutukset Suomen metsiin ovat huomattavat. Esimerkiksi Etelä-Suomen metsistä vain yksi prosentti on luonnontilassa. Ilman ihmistoimintaa kuusen luontainen elinkaari olisi noin 300 ja männyn noin 600 vuotta, kun nykyään päätehakkuut tehdään noin satavuotiaille metsiköille ja valtaosa puista on harvennushakattu jo muutaman kymmenen vuoden iässä. Tällä on valtava vaikutus metsäluontoon ja sen lajistoon.

Suomen metsien sadan miljoonan kiintokuutiometrin kasvusta hakataan noin 70 miljoonaa kiintokuutiometriä. Määrä on varsin huomattava ja sillä on vaikutusta mm. luonnon monimuotoisuudelle. Teollisuuden mukaan kestävät hakkuumäärät ovat vielä nykyistäkin suurempia. Täytyy kuitenkin muistaa että tällöin kestäväällä hakkuumäärällä tarkoitetaan hakkuumäärää, joka ei vaaranna tulevien hakkuuiden määrää. Kyse ei siis ole ekologisesti kestävästä hakkuumäärästä.

Metsien lisääntyneestä kasvusta suuri osa selittyy soiden ojituksella ja metsittämisellä, jolla on ollut luontoon, vesistöihin ja kasvihuonepäästöihin mittavat vaikutukset. Energiapuuta saadaan paljon suometsien harvennushakkuista sekä metsätähteiden ja kantojen korjuusta. Näillä on vaikutuksia ympäristöön ja myös metsien tulevaan kasvuun.

## **Biopolttoaineiden kriteerit**

Raportti liittyy hankkeeseen, jossa Stora Enso Oyj ja Neste Oil Oyj aikovat yhteistyössä rakentaa puuperäistä biodieseliä valmistavan tehtaan. Ennen varsinaista

energiapuun ympäristövaikutusten arviointia on syytä tarkastella biopolttoaineiden valmistuksen kriteerejä, koska monet niistä liittyvät myös ympäristövaikutuksiin. Kriteerit voidaan jaotella seuraavasti:

- Kasvihuonekaasupäästöt
- Teknistaloudellisuus
  - Tuotantoteknologiat
  - Polttoaineen ominaisuudet
  - Infrastrukturi: tuotanto, varastointi, jakelu ja raaka-ainelogistiikka
  - Taloudellisuus
- Energiatehokkuus
  - Fossiilienergian käyttö energiatuottoon nähden
  - Eksergia-analyysi
  - Elinkaarianalyysi
  - Rajallisten raaka-ainevarojen optimaalinen käyttö
- Maatalous- ja työllisyyspolitiikka
- Energiaomavaraisuus, huoltovarmuus ja öljynkorvaavuus
- Ympäristövaikutukset ja raaka-ainevarojen sekä tuotannon kestävyys
- Eettiset näkökohdat
- Energiansäästö ja energiatehokkuus biomassan käytön vaihtoehtona
- Teollisuusmittakaavaan skaalaaminen ja tuotantoaikataulu
- EU-direktiivit

Puupohjaista Fischer–Tropsch-dieseliä valmistavan tehtaan kannalta yllä olevan listan perusteella voi tehdä joitain huomioita.

Puupohjaisella dieselillä on myös kasvihuonevaikutuksia, joskin ne ovat pienempiä kuin fossiilisilla polttoaineilla. Kuljetukset ja valmistus kuluttavat fossiilisia polttoaineita. Ojitettujen suometsien päästöjä tulisi myös allokoida niistä korjatuista puista valmistettuihin lopputuotteisiin. Kantoja pidetään jonkinlaisina hiilineluina ja niiden energiakäytön katsotaan näin aiheuttavan muuta puuraaka-ainetta suuremmat päästöt. Myös tämä tulisi ottaa huomioon, mikäli kantoja käytetään laajamittaisesti biodieselien valmistuksen raaka-aineena.

Teknitaloudelliset rajoitteet on otettava tarkasti huomioon Fischer–Tropsch-laitoksia suunniteltaessa. Vaikka Fischer–Tropsch-teknologia on jo lähes 90 vuotta sitten keksitty, teknologia vaatii edelleen merkittävää kehitystyötä. Katalyyttitekhnologia on avainasemassa, ja nykyisissä rauta- ja kobolttikatalyyteissä riittää vielä kehitystyötä. On arvioitu (Milmo 2011), että biomassasta valmistettavan synteetikaasun puhdistusprosessin osuus on noin 60–70 % investointikustannuksista Fischer–Tropsch-prosessin investointikustannusten ollessa alle 30 %. Hetemäen *et al.* (2011) mukaan 200 000 tonnia biodieseliä valmistavan laitoksen investointikustannukset ovat noin puoli miljardia euroa. Synteetikaasu on puhdistettava tarkasti katalyytin myrkyttymisen estämiseksi. Käyttökustannuksista katalyytin osuus on merkittävä.

Energiatehokkuuden, kasvihuonepäästöjen vähentämisen, öljyn korvaamisen tai taloudellisen tehokkuuden kannalta Fischer–Tropsch-puudiesel ei ole järkevin puunkäytön muoto. Ns. stand-alone Fischer–Tropsch-prosessin hyötysuhde on huomattavasti alhaisempi kuin puuhakkeen, puupellettien tai halkojen valmistuksen hyötysuhde (Klemola 2007). Lopulta näitä kaikkia tuotteita käytetään raakaöljyn korvaamiseen, jolloin esimerkiksi pelleteillä voidaan lämmityskäytössä korvata huomattavasti suurempi määrä raakaöljyä kuin käytettäessä sama määrä puuta biodieselin valmistukseen. Metsäteollisuuden biodieselintegraatissa, jossa Fischer–Tropsch-prosessissa syntynyt korkea-ekserginen ylijäämäenergia voidaan käyttää hyödyksi paperitehtaassa (Saviharju ja McKeough 2007), valmistuksen hyötysuhde voi olla varsin hyvä, mutta öljynkorvaavuuden tai päästövähennysten kustannukset ovat silti huomattavasti haketta, pellettejä tai halkoja suuremmat.

Puupohjaisen biodieseltehtaan rakentamista puoltaa varsinkin huoltovarmuusnäkökohta. EU:n direktiiveistä on tullut jopa tärkein biopolttoaineiden valmistuksen kriteeri. Direktiivien mukaan tieliikenteessä on yksinkertaisesti pakko käyttää bioperäisiä polttoaineita. Puusta valmistettuja toisen sukupolven biopolttoaineita voidaan myös pitää eettisempänä vaihtoehtona ruoasta valmistettaviin ensimmäisen sukupolven biopolttoaineisiin nähden.

## **Ympäristövaikutukset**

Seuraavassa tarkastellaan energiapuun ympäristövaikutuksia, kun energiapuu on ojitetusta suometsästä, hakkuutähteistä tai päätehakkuualoilta korjatuista kannoista.

### *Ojitetut suometsät*

Suomen soista on ojitettu yli puolet. Ojitettua suometsää on 4,76 miljoonaa hehtaaria (Myllylä 2011). Tosin Suomen luonnonsuojeluliiton mukaan metsätalouksikäyttöön on kaikkiaan ojitettu 5,7 miljoonaa hehtaaria. Vain 0,015 miljoonaa hehtaaria on ennallistettu (Louhivuori 2008). Soiden 50 vuotta sitten alkanut ojitus ja metsitys on metsiemme lisääntyneen kasvun merkittävin yksittäinen tekijä. Ojitetuissa suometsissä vuosikasvu on 24 miljoonaa kiintokuutiometriä (metsiemme kokonaiskasvu on noin 100 miljoonaa kiintokuutiometriä vuodessa), mutta puuta korjataan suometsistä vain 5–8 miljoonaa kiintokuutiometriä (Palokallio 2008). Potentiaalia harvennushakkuiden ja kitukasvuisten männiköiden hakkuiden lisäämiseen siis olisi. Suuri osa tästä päätyisi energiapuuksi ja sen kautta lopputuotteen kannettavaksi lankeaisivat myös ojitettujen suometsien ympäristöongelmat.

Soiden ojituksella on ollut ympäristön kannalta kielteisiä vaikutuksia: luonnon monimuotoisuuden heikentyminen, ravinteiden ja kiintoaineiden valuminen vesistöihin, kasvihuonekaasupäästöjen lisääntyminen ja soiden vesienpidätyskyvyn heikentyminen (mm. tulva-alttiuden kasvaminen).

Talousmaantieteen emeritusprofessori Jarmo Eronen on 1970-luvulta lähtien kritisoinut soiden ojituksia (Eronen 1976, Eronen 1984, Eronen 1992). Hänen mukaansa huomattava osa (jopa yli miljoona hehtaaria) ojituksista on ollut täysin turhia, ympäristölle aiheutettujen vahinkojen lisäksi yhteiskunta on tuhlanut suunnattomasti rahaa ilman että panostuksesta on koskaan taloudellista hyötyä. Eronen aloittaa kirjoituksensa ”Soiden ojitus – valtaisa virhesijoitus” Helsingin Sanomissa 28.9.1976:

”Yhteiskuntamme taloudellisten ja sosiaalisten päämäärien saavuttaminen vaatii usein alkuperäisen luonnon muuttamista, jossain määrin jopa sen tuhoamista. Tähän asiantilaan olemme joutuneet sopeutumaan ja sen myös hiljaisesti hyväksymään. Harvinaisempaa sen sijaan on, että luonnonarvoja tuhotaan ilman että siitä voidaan osoittaa olevan taloudellista hyötyä yhteiskunnalle.”

Ojitettujen suometsien vesistövaikutuksista on kirjoittanut mm. Lounais-Suomen ympäristökeskuksen ylitarkastaja Iiro Ikonen, joka vaatii kunnostusojitusten lopettamista (Ikonen 2009).

Ojitetun suometsän ongelmana kasvihuonekaasupäästöjen kannalta on se, että kuiva turve hapettuu hitaasti hiilidioksidiksi. Klemola (2008) on laskenut ojitettujen suometsien turpeen hiilipäästöt, jotka ovat noin 2,5 miljoonaa tonnia hiiltä vuodessa. Vertailun vuoksi Suomen tieliikenteen päästöt ovat noin 4,6 miljoonaa tonnia hiiltä vuodessa.

#### *Hakkuutähteet ja kannot*

Suomen kansainvälisesti arvostetuimmaksi tiedemieheksi tituleerattu akatemiaprofessori Ilkka Hanski varoittaa metsien biodiversiteetin (monimuotoisuuden) romahtamisesta, mikäli puun käyttö energianlähteenä kasvaa sellaisiin mittasuhteisiin ettei metsiin jää kantoja ja risuja (Sivenius ja Hännikäinen 2009).

Cornell Universityn professori David Pimentel (2002) varoittaa metsien maksimaalisen bioenergian hyödyntämisen johtavan monimuotoisuuden vähenemiseen. Professorien Patzek ja Pimentel (2005) mukaan puunkuori, oksat, lehdet, neulaset, kannot ja juuret ovat välttämättömiä ravinteiden kierron, eloperäisen aineksen kertymisen, hiilen sitoutumisen ja maaperän eroosion ehkäisemisen kannalta. Juha Aaltoila (2007) tiivistää hakkuutähteiden ja kantojen korjuun ongelman seuraavasti:

”Rankaa, oksaa neulasia ja kantoja rohmutaan kiihtyvään tahtiin ohuen tutkimustiedon varassa, vai pitäisikö sanoa harvojen rohkeiden tutkijoiden varoituksista piittaamatta.”



Energiapuun korjuun ympäristövaikutukset ovat tiivistäneet artikkeleissaan Metlan tutkija Sirpa Piirainen (2007) ja Tapion tutkija Martti Kuusinen (2008). Seuraavassa esitetään näiden artikkeleiden tärkeimmät havainnot.

Metsäntutkimuslaitoksen (Metla) mukaan hakkuutähdevarat ovat 16 miljoonaa kiintokuutiometriä, josta korjattavien kantojen osuus on 2,5 miljoonaa kiintokuutiometriä. Vaikka suurin potentiaali on hakkuutähteissä, niiden korjuun kannattavuus paranee, mikäli samaan aikaan korjataan myös kannot.

Kangasmetsissä kasvua rajoittaa typen ja suometsissä fosforin ja kaliumin niukkuus. Hakkuutähteiden ja kantojen poisto lisää merkittävästi näiden ravinteiden hävikkiä ja aiheuttaa pitkällä aikavälillä kasvutappioita. Lannoituksella ei pystytä kompensoimaan eloperäisen aineksen hävikkiä (Helmisaari *et al.* 2009). On myös mahdollista, että korjuun seurauksena maa happamoituu, mikä johtaa raskasmetallien huuhtoutumisen lisääntymiseen.

Kannot ja paksujuuret lisäävät maahan jätettynä hajotessaan eloperäisen aineen määrää ja toimivat vuosikymmeniä ravinnelähteinä ja hiilen sitojana. Paksujuurten hajotessa ne parantavat maan ilmanvaihtoa ja vedenpidätyskykyä. Viime aikoina on alettu varoitella kantojennoston aiheuttamista hiilipäästöistä, koska kannot ovat varsin pitkäaikainen hiilinielu (Liski *et al.* 2011).

Metsäkoneiden lisääntynyt käyttö korjuun yhteydessä rasittaa maata mekaanisesti. Maan muokkaaminen kiihdyttää ravinteiden vapautumista, mikä yhdessä maan tiivistymisen kanssa voi johtaa lisääntyneeseen ravinteiden ja eloperäisen aineen huuhtoutumiseen vesistöihin.

Kantojennosto vähentää lahoppuulla elävien lajien määrää. Änkyrimatojen määrän on tutkittu pienentyneen kannonnoston seurauksena (Aaltoila 2010). Änkyrimadot ovat havumetsiemme maaperän hajotustoiminnan keskeisimpiä eläimiä. Ne hajottavat elintoiminnoillaan kuolleeseen orgaaniseen ainekseen sitoutuneita ravinteita kasveille käyttökelpoisiksi. Kantojennosto voi myös olla metsänkasvatuk-

selle hyödyksi, mikäli juurikäävän ja tukkimiehentäin aiheuttamat tuhot vähenevät. Toisaalta on varoitettu varastoitujen kantokasojen voivan levittää näitä tuholaisia.

## **Loppukaneetti**

Ensimmäisen ja toisen sukupolven biopolttoaineiden ero on se, että ensimmäisen sukupolven biopolttoaineet valmistetaan ruoasta tai niiden valmistuksella on suoria vaikutuksia ruoantuotantoon (mm. kilpailu peltoalasta). Puusta tehty biodiesel on toisen sukupolven biopolttoainetta ja sitä pidetään myös ympäristöystävällisenä. Varsinkin palmuöljyn takia ympäristöjärjestöjen hampaisiin joutuneelle Neste Oilille puuperäiseen ympäristöystävälliseen suomalaiseen raaka-aineeseen siirtyminen edes osittain olisi houkutteleva vaihtoehto. Kuten tästä raportista selviää, ei kotimainen puukaan ole ongelmaton raaka-aine.

Negatiivisten ympäristövaikutusten huomiotta jättämisen yhtenä riskinä on imigoriski, joka helposti muuttuu markkinariskiksi. Avohakkuuala, josta on viety kaikki – kannotkin, ei ole erityisen edustava näky. Ympäristöjärjestöjen hampaisiin joutuminen on täysin mahdollista, varsinkin kun Pohjoismaiden ulkopuolella hakkuutähteiden, kantojen ja juurien intensiivinen korjuu on tuiki harvinaista.

Saksalainen paperi-diplomi-insinööriystäväni oli Lieksassa vaeltamassa touko-kesäkuun vaihteessa 2011. Häneltä saamani sähköposti 3.6.2011 on paljon puhuva ja varoittava:

“Karelia is still in some parts what I would call wilderness. But the negative impacts of extensive forestry can already be seen almost everywhere. Clear cutting is the predominant way of felling, stumps are already being removed from the soil (and with them and the "forest residues" many valuable minerals and nutrients), humongous machines not only harvest trees but compress the soil and severely damage what took thousands of years to develop... What is left are mainly plantations where all trees have the same age and biodiversity suffers.

In Germany we are maybe 20 years behind this development (harvesters are still rare, forest residues and dead trees are in most cases left in the forest,

there are no vast unpopulated areas so people notice what happens to their wood...) – but with the growing demand for "renewable" energy I fear that we'll soon have same conditions as in Finland."

## **Viitteet**

Aaltoila Juha, Maaäidin mahti savuna taivaalle, Maaseudun Tulevaisuus, 25.4.2007.

Aaltoila Juha, Tutkija ei myisi kantoja metsästä, Maaseudun Tulevaisuus, 8.11.2010.

Eronen Jarmo, Soiden ojitus - valtaisa virhesijoitus, Helsingin Sanomat, 28.9.1976.

Eronen Jarmo, Suonojitus ja puunsaanti, Suo, Vol. 35, pp. 9–12, 1984.

Eronen Jarmo, Soiden ojitusvimman päätös: läänin verran epäonnistumisia, Suomen Luonto, No. 6, 1992.

Helmisaari Heljä-Sisko, Kukkola Mikko, Luiro Jukka, Saarsalmi Anna, Smolander Aino, Tamminen, Pekka,. Hakkuutähteiden korjuu – muuttuuko typen saataavuus?, Metsätieteen aikakauskirja, No. 1, 2009.

Hetemäki Lauri, Niinistö Sini, Seppälä Risto, Uusivuori Jussi, Murroksen jälkeen, metsien käytön tulevaisuus Suomessa, Metsä kustannus, 2011.

Ikonen Iiro, Luonnon ekosysteemipalveluilla on valtava taloudellinen merkitys, Helsingin Sanomat, 11.4.2009.

Klemola Kimmo, Second-generation biofuels from Finnish softwood, report, Lappeenranta University of Technology, 2007.

Klemola Kimmo, Turpeen hiilitase kehno, Maaseudun Tulevaisuus, 17.10.2008.

Kuusinen Martti, Energiapuunkorjuulla monenlaisia ympäristövaikutuksia, Bioenergia, 1.2., No. 1, 2008.

Liski Jari, Repo Anna, Känkänen Riina, Vanhala Pekka, Seppälä Jyri, Antikainen Riina, Grönroos Juha, Karvosenoja Niko, Lähtinen Katja, Leskinen Pekka, Paunu Ville-Veikko, Tuovinen Juha-Pekka, Metsäbiomassan energiakäytön ilmastovai-  
kutukset Suomessa, Suomen ympäristö, No. 5, 2011.

Louhivuori Jaakko, Teollisuudelle ei riitä Suomen soiden nykykäyttö, Turun Sa-  
nomat, 22.7.2008.

Milmo Sean, Go faster FT catalysts, Chemistry & Industry, May 09, 2011.

Myllylä Ismo, Soiden ja turvemaiden strategia linjaa turvemaiden käyttöä, Bio-  
energia, 31.3., No. 2, 2011.

Palokallio Jarmo, Suometsien kasvusta hakataan vain kolmannes, Maaseudun Tu-  
levaisuus, 5.11.2008.

Patzek Tad W., Pimentel David, Thermodynamics of energy production from bio-  
mass, Critical Reviews in Plant Sciences, Vol. 24, No. 5–6, 2005.

Piirainen Sirpa, Kantojen nosto parantaa hakkuutähteiden korjuun kannatta-  
vuutta, Maaseudun Tulevaisuus, 7.11.2007.

Pimentel David, Biomass utilization, limits of, Encyclopedia of Physical Science  
and Technology, 3rd ed., Vol. 2. San Diego, Academic Press, 2002.

Saviharju Kari, McKeough Paterson, Integrated forest biorefinery concepts, Pul-  
Paper, Helsinki, June 2007.

Sivenius Jussi, Hännikäinen Timo, Professori Ilkka Hanski perää tekoja biodiver-  
siteetin suojelemiseksi, Elonkehä, No. 3, 2009.